

VIBRACIONES Y RUIDO

Las vibraciones y ruidos que se producen durante las actividades constructivas son importantes cuando se considera el efecto de las actividades constructivas en edificios adyacentes, adiciones a edificios existentes y en los habitantes vecinos. Este Boletín Técnico describe los resultados de monitoreo de ruido y vibraciones realizadas a proximidades cercanas durante la instalación de sistemas Geopier, Impact, Rampact y Densipact. Esta información debe utilizarse cuando se necesite evaluar la viabilidad de las Pilas de Agregado Compactado (RAP, por sus siglas en inglés) en obras de construcción. Para obras donde se presenta una baja tolerancia hacia ruidos y vibraciones generadas se deberá implementar un programa de monitoreo elaborado específicamente para la obra en cuestión.

1.VIBRACIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Muchas actividades constructivas transmiten vibraciones importantes en las obras de construcción. Los niveles de vibración generados dependen del tipo de actividad constructiva además de las condiciones del suelo en la obra. El efecto de las vibraciones en edificios adyacentes a la obra depende de sus materiales constituyentes (madera, mampostería, acero, concreto), su edad, su distancia al origen de las vibraciones, la frecuencia y amplitud de las vibraciones y de las condiciones del suelo. Generalmente, las vibraciones de baja frecuencia (periodo largo) presentan una mayor susceptibilidad a producir daños en estructuras que las vibraciones de alta frecuencia (periodo corto). Esto es debido a un mayor efecto de amortiguamiento en suelos sujetos a vibraciones de alta frecuencia. En cambio, los suelos sujetos a vibraciones de baja frecuencia (periodo largo) podrían amplificar las vibraciones.

En los Estados Unidos, las vibraciones de alta frecuencia menores a 2in/s (2 pulgadas por segundo) en la ubicación del edificio se consideran como aceptables ya que es improbable que este grado de vibraciones conduzca a daños estructurales (Wiss 1981). Los niveles de vibración que oscilan entre 0.5in/s y 2in/s generalmente se consideran como estorbo para las personas en los alrededores, pero dicho rango de vibraciones no se considera daño a las estructuras. Las vibraciones debajo de los 0.5in/s normalmente no son notables.

2. CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE AGREGADO COMPACTADO

Las Pilas de Agregado Compactado Geopier se construyen al barrenar un volumen de suelo compresible para crear una cavidad, seguido por compactar agregado con alta energía en capas delgadas utilizando una apisonadora biselada. Los sistemas Impact y Rampact son instalados en suelos propensos a socavación mediante el uso de un mandril hueco para perforar a la profundidad de diseño. El agregado es vertido por el centro del mandril hueco para llenar la cavidad y es apisonado y compactado en capas delgadas por medio del subir y bajar del mandril. El sistema Densipact crea “puntos compactados” en suelos granulares al hincar repetidamente una herramienta de puntas múltiples en el suelo. Después del hincado inicial y entre los sucesivos hincados, las cavidades y depresiones formadas por la herramienta son rellenadas con arena u otro agregado sustituto. La acción de apisonado durante la construcción de los elementos RAP causa que el agregado se compacte en sentido vertical y que empuje lateralmente contra las paredes de la cavidad,

ocasionando un incremento del esfuerzo horizontal en el suelo matriz. La construcción de Pilas de Agregado Compactado resulta en elementos extremadamente densos, exhibiendo resistencias y rigideces superiores. Durante su instalación, los martillos que producen la acción de apisonado operan entre 400 y 600 ciclos por minutos (7 a 10 ciclos por segundo) para el sistema Geopier y entre 2000 y 4000 ciclos por minuto para sistemas Impact, Rampact y Densipact. Estas vibraciones de alta frecuencia son más altas que en la mayoría de actividades de construcción lo cual resulta en una amortiguación elevada del suelo matriz reforzado. En contraste, el hincado de pilotes típicamente produce vibraciones de baja frecuencia al orden de 60 ciclos por minuto (un ciclo por segundo) y un periodo asociado de un segundo. Los niveles de vibración durante la instalación de elementos RAP son por ende de menor amplitud y de mayor frecuencia que durante el proceso de hincado de pilotes, lo cual resulta en vibraciones menores en estructuras vecinas.

3. MONITOREO DE VIBRACIONES

El monitoreo de vibraciones se ha realizado en numerosos proyectos con soluciones de Pilas de Agregado Compactado para evaluar la amplitud y frecuencia de vibraciones como función de la distancia hacia la fuente de dichas vibraciones. Por ejemplo, durante la expansión del Baptist Memorial Hospital en Memphis, Tennessee, se instalaron elementos RAP Geopier a bastante proximidad de los edificios existentes del hospital. Por medio de un acelerómetro se tomó medida de la velocidad pico de partícula (PPV – por sus siglas en inglés) al instalar los elementos. Se posicionó tal acelerómetro entre 1.7 y 10 pies de distancia de los elementos Geopier, mientras la apisonadora se ubicaba entre la superficie del terreno hasta una profundidad de 13 pies (4 m). Las condiciones de suelo consistían en arcillas medianamente rígidas y el nivel freático se

ubicaba debajo los bulbos de los elementos. En otra obra construida, el Metro Wastewater Reclamation District en Denver, Colorado, se elaboró un estudio similar en la cual se ubicaron acelerómetros entre 5 y 15 pies (1.5 m a 4.5 m) de distancia de elementos RAP Impact. Durante la instalación de los mismos, se midieron los PPV como función de la profundidad a la que se encontraba el mandril. El perfil de suelos en este caso consistía en arenas limosas sueltas a medianamente compactas y el nivel freático se ubicaba a 1 pie (0.3 m) debajo de la superficie. Los resultados de pruebas con acelerómetro para ambas obras se ilustran en las Figuras 1 y 2. Los resultados indican que la amplitud de las vibraciones generadas durante la construcción de elementos RAP disminuye con la distancia y a mayor profundidad del mandril o apisonadora.

Figura 1.
Velocidad Pico de Partícula en Función de la Profundidad
y Distancia Para Elementos RAP Geopier

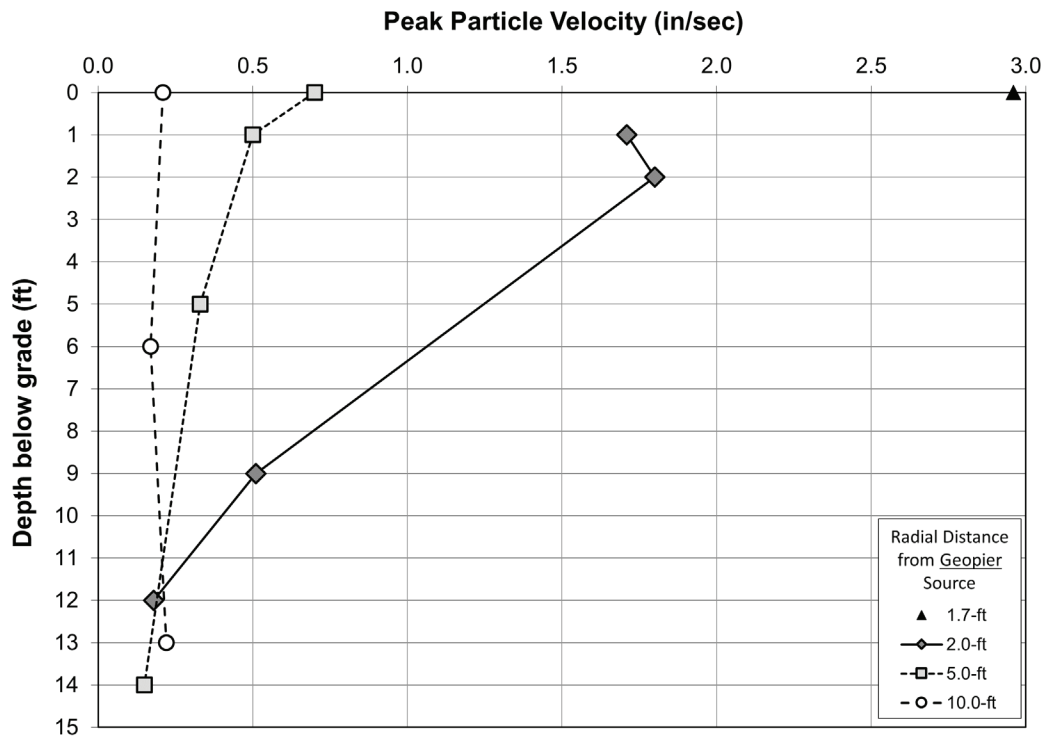
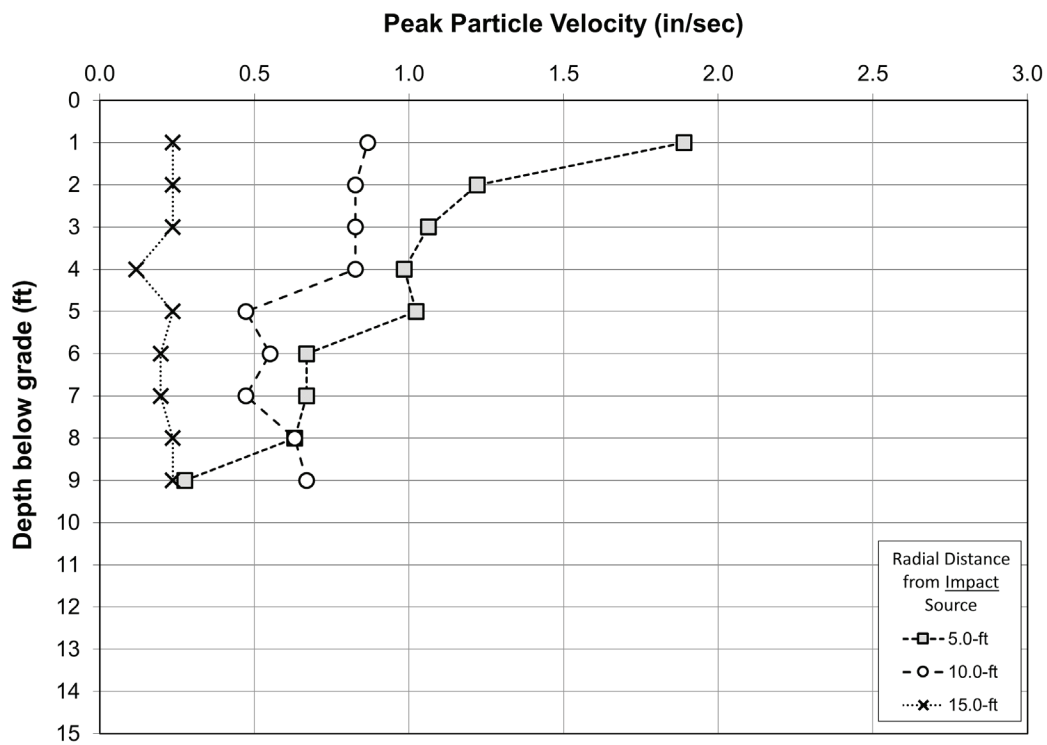


Figura 2.
Velocidad Pico de Partícula en Función de la Profundidad
y Distancia Para Elementos RAP Impact



Las Figuras 3 a 5 ilustran los rangos de velocidad pico de partículas con la distancia al origen para sistemas Geopier, Impact, Rampact y Densipact respectivamente. La data obtenida confirma que la amplitud de las vibraciones se reduce con la distancia radial al origen de las vibraciones. Esta rápida disipación de la amplitud se atribuye a las vibraciones de alta frecuencia que generan los martillos utilizados durante la construcción de elementos RAP. Para elementos Geopier, la velocidad pico de partículas es normalmente menos de 2.0 in/s a una distancia de 5 pies desde el punto de instalación. Para elementos Impact, Rampact y Densipact, las velocidades pico de partículas son menores a 2.0 in/s a distancias de 10 a 15 pies desde

el punto de instalación. La data de Densipact cae generalmente dentro del mismo rango que Impact y Rampact excepto a distancias menores a los 10 pies (3 m). A los 4 pies (1.2 m) de distancia del punto de instalación, la velocidad pico de partícula aumenta al doble para el sistema Densipact (8.0 in/s vs 4.0 in/s). Las amplitudes mayores observadas durante la instalación de Impact, Rampact y Densipact se deben probablemente al proceso de desplazamiento y densificación de los suelos granulares durante la instalación. El pre barrenado y otros métodos constructivos son efectivos en reducir las vibraciones en sistemas de desplazamiento.

Figura 3.
Velocidad Pico de Partícula en Función de
la Distancia Para Elementos RAP Geopier

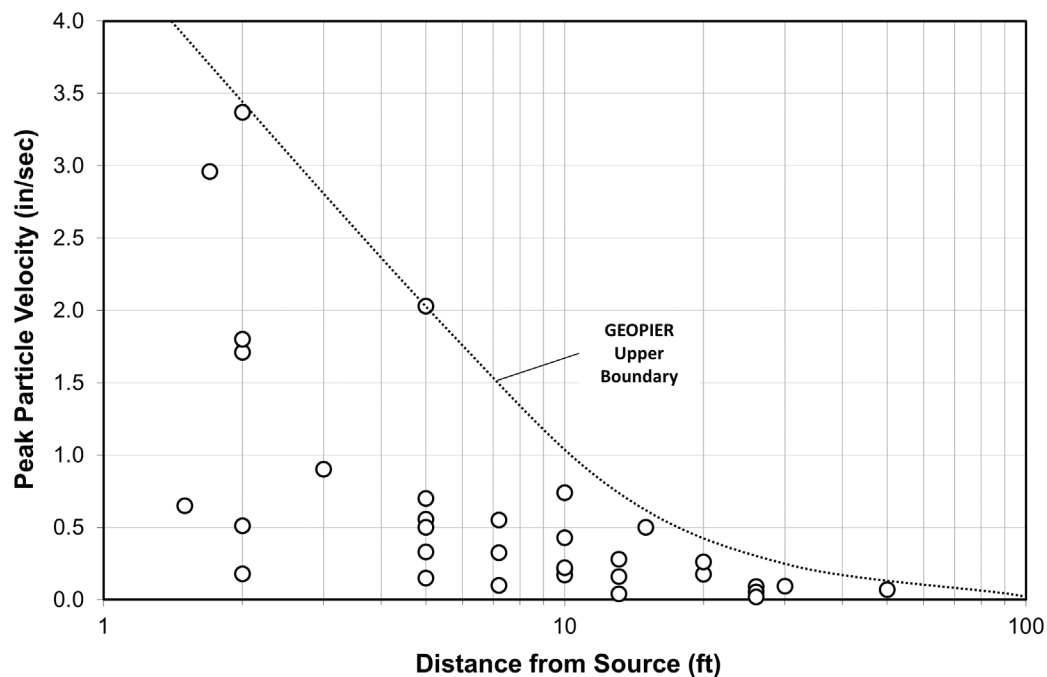


Figura 4.
Velocidad Pico de Partículas en Función de la Distancia
Para Elementos RAP Impact/Rampact

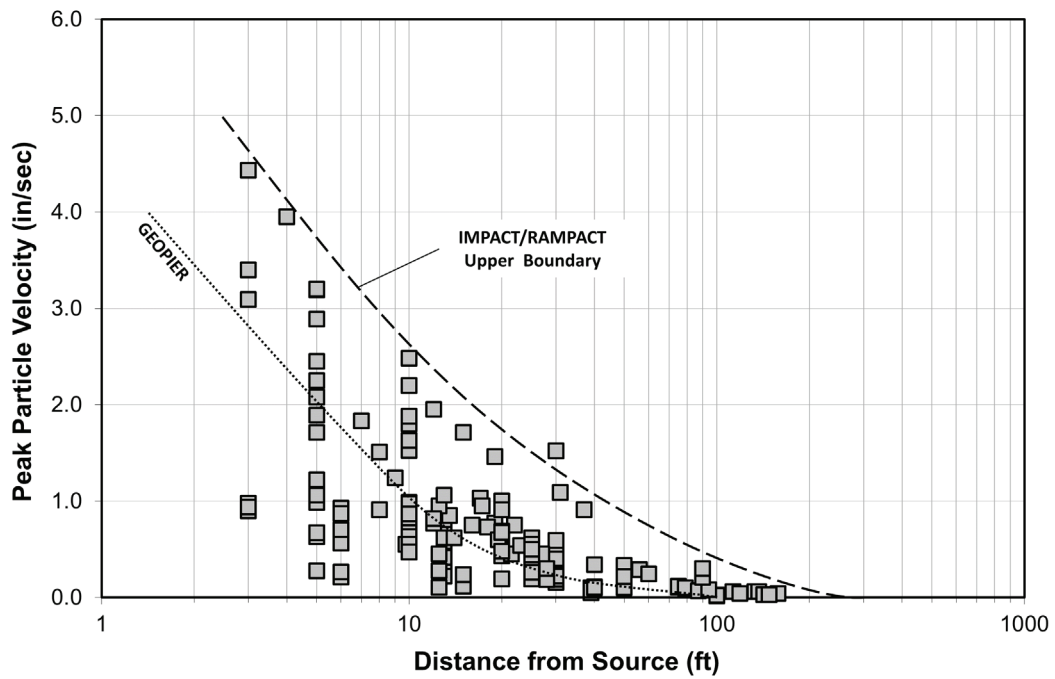
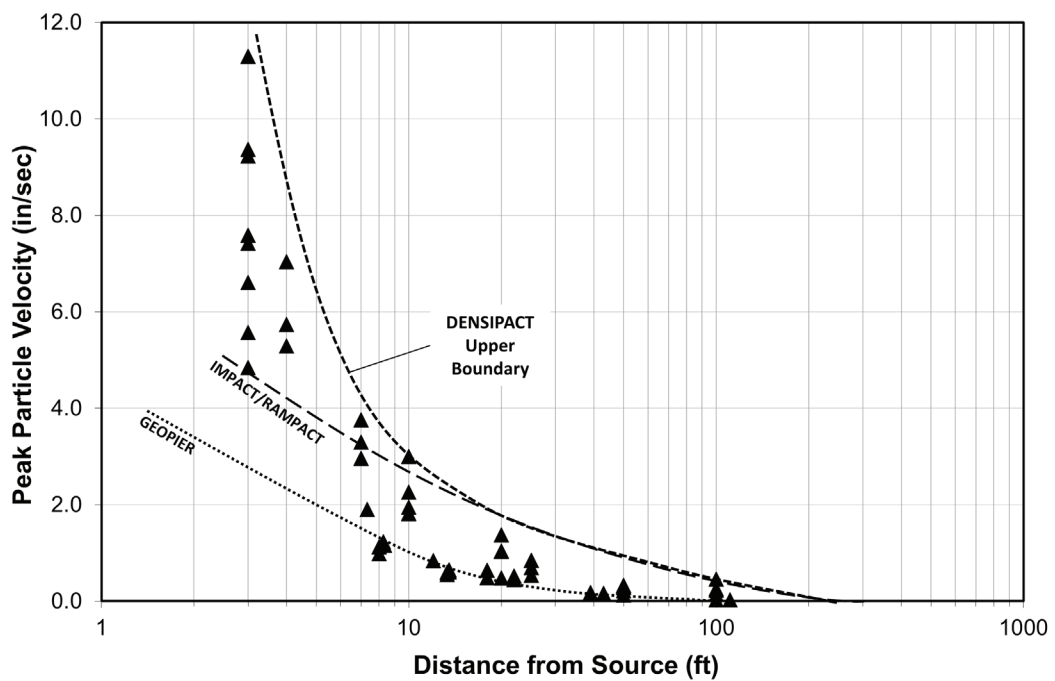


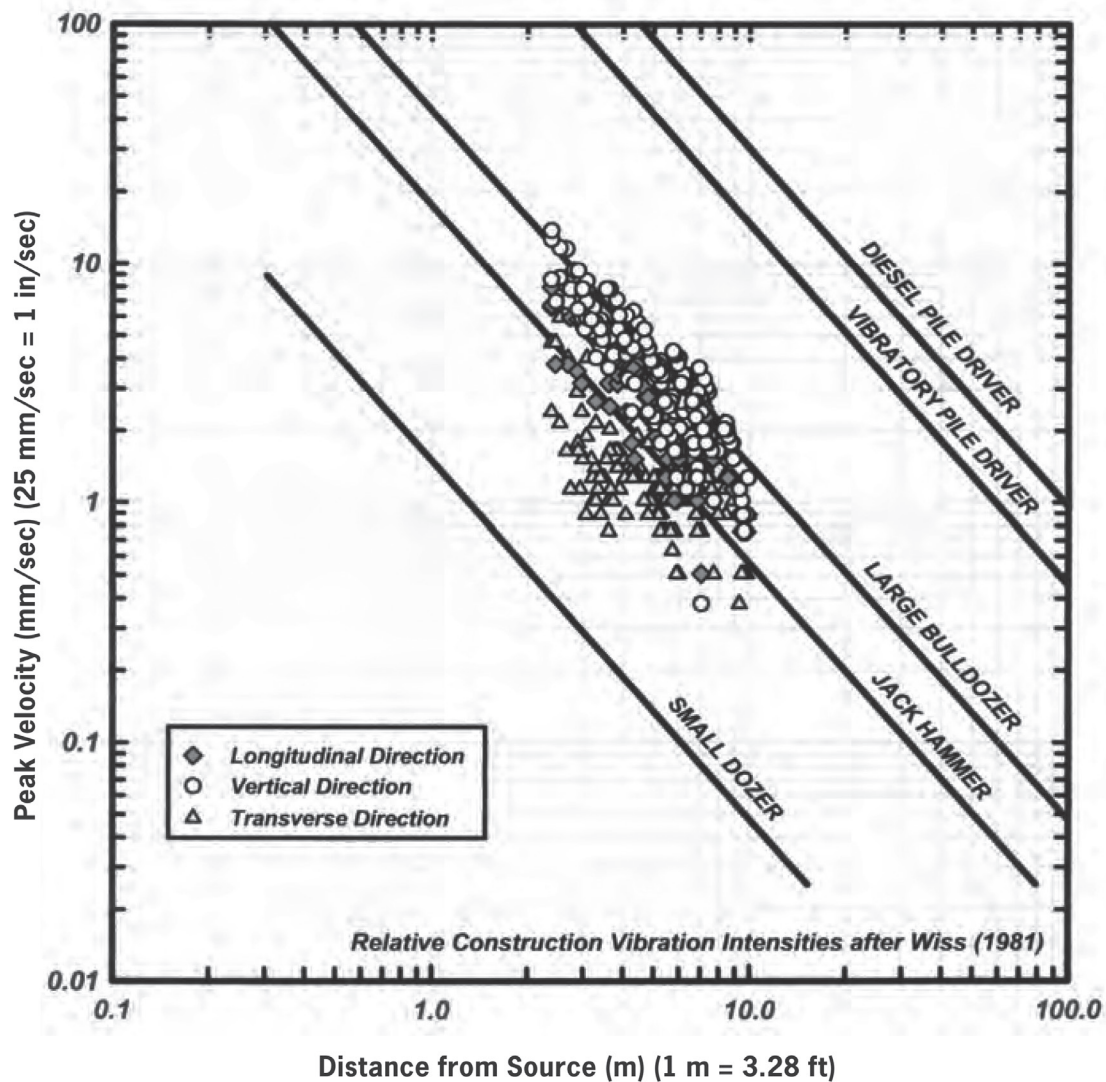
Figura 5.
Velocidad Pico de Partícula en Función de la
Distancia Para Elementos Densipact



La Figura 6 compara los niveles de vibración durante la instalación de elementos Geopier en una obra ubicada en San Luis Obispo, California en comparación con otros equipos de construcción. Como sugieren los resultados, las vibraciones

medidas son comparables a aquellos inducidos por un martillo de gato o una excavadora de gran tamaño y considerablemente menores que aquellos provenientes del hincado de pilotes.

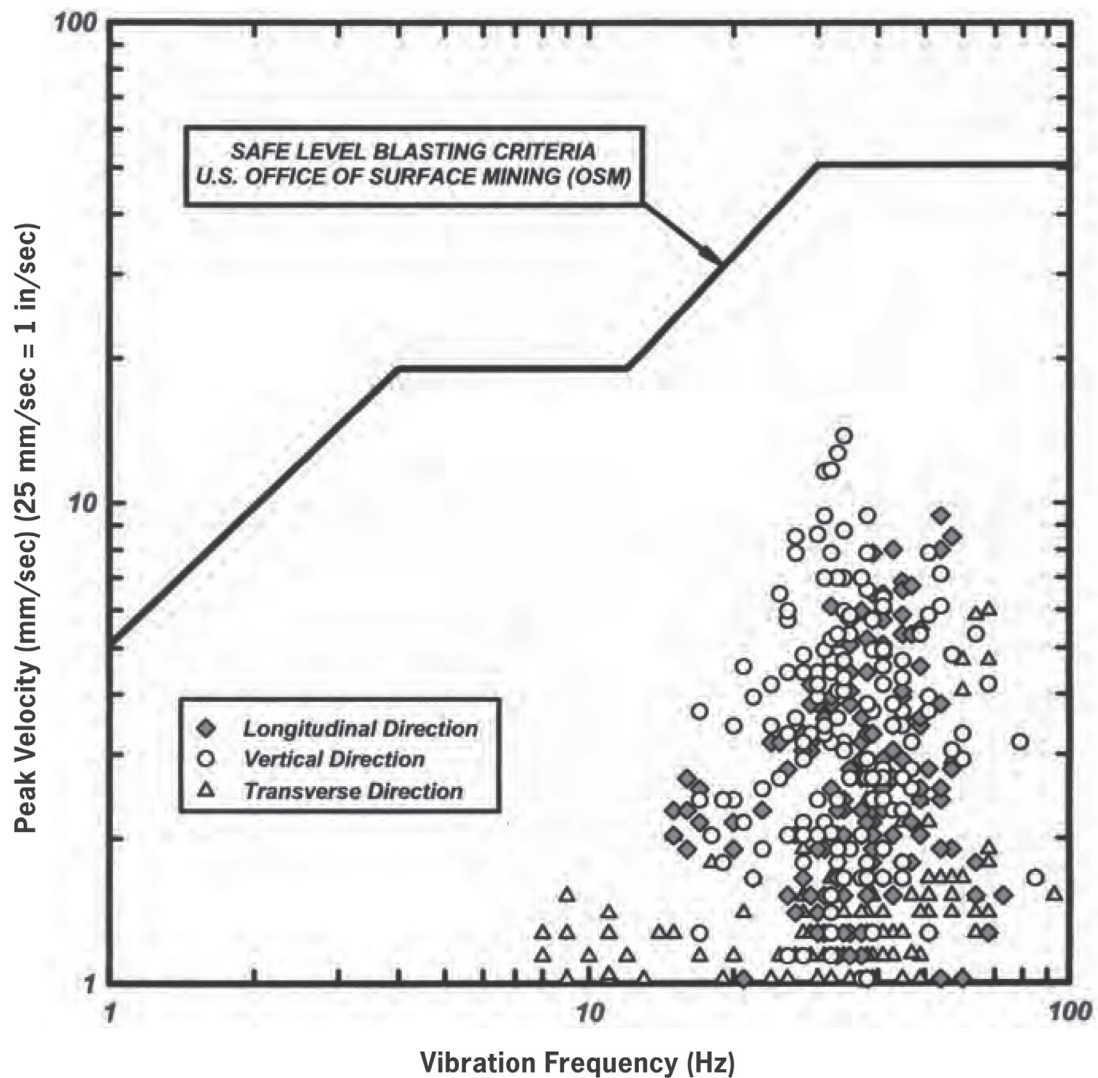
Figura 6.
Velocidad Pico de Partícula en Función de la Distancia
Para Elementos RAP Geopier (Fiegel 2005).



La Figura 7 demuestra los valores medidos de velocidad pico de partícula durante la instalación de elementos Geopier en comparación con la frecuencia de las vibraciones medidas en la obra ubicada en San Luis Obispo, California. La figura indica que la energía emitida durante las instalaciones resulta en velocidades pico de partícula menores

que las máximas permitidas por los reglamentos aceptados. Aunque la data de las Figuras 1 a 7 pueda ser utilizada para la mayoría de obras, en las obras con poca tolerancia de asentamientos se debe seguir un programa de monitoreo de vibraciones.

Figura 7.
Velocidad Pico de Partícula en Función de la
Frecuencia de Vibraciones (Fiegel 2005)

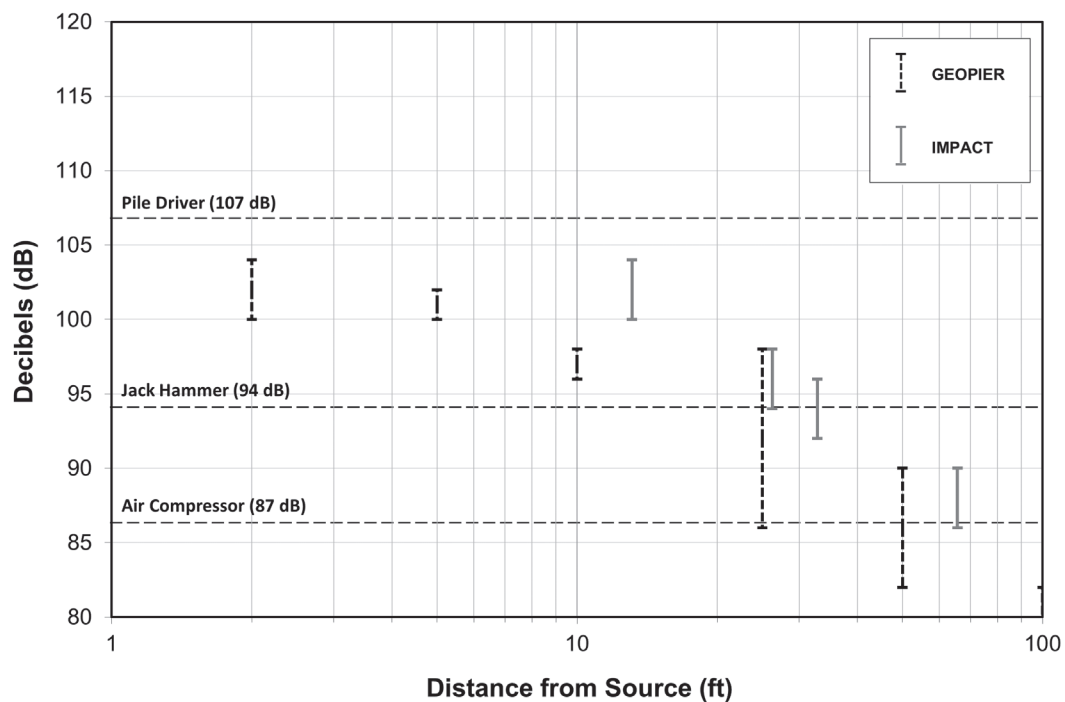


4. RUIDO

Se ha medido el nivel de decibeles durante la instalación de sistemas Geopier e Impact, tomando valores a medida que se incrementa la distancia hacia los elementos RAP. A cada incremento de distancia, se hicieron las mediciones de decibeles

mientras la apisonadora se ubicaba en la superficie del terreno y también en el fondo de la cavidad. Los rangos medidos para ambos sistemas se ilustran en la Figura 8.

Figura 8.
Rangos de Niveles de Decibeles en Función de la Distancia
Para Elementos RAP Geopier e Impact



Los decibeles medidos durante la instalación de sistemas Geopier e Impact se reducen significativamente con la distancia del equipo constructivo. Los niveles de decibeles se reducen desde aproximadamente 100dB en las proximidades del equipo Geopier a aproximadamente 75 a 80dB a distancias de 50 a 100 pies. A distancias mayores

de los 20 pies, los niveles de decibeles son idénticos para ambos sistemas RAP. A distancias cortas, el sistema Impact produce niveles de decibeles levemente mayores. En comparación, ha de notarse que la comunicación entre personas genera aproximadamente 60dB, el tráfico pesado genera alrededor de 85dB y el hincado de pilotes, 105dB.

5. CONCLUSIÓN

La instalación de las Pilas de Agregado Compactado genera vibraciones de alta frecuencia durante el proceso constructivo. Los niveles de vibraciones para elementos Geopier se encuentran típicamente entre rangos tolerables cuando la distancia es mayor a los 5 pies (1.5 m) del punto de instalación, mientras que los niveles de vibraciones para sistemas de desplazamiento como Impact, Rampact y Densipact caen dentro de este rango tolerable a

distancias mayores de los 10 a 15 (3 a 4.5 m) pies del punto de instalación. Los métodos alternativos de construcción, como por ejemplo el pre barrenado, ayudan a reducir los niveles de vibraciones en las cercanías de los elementos de desplazamiento. Los niveles de decibeles generados por todos los sistemas RAP son consistentes con las demás actividades constructivas en la obra.

RECONOCIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer a Peterson Contractors, Inc. por proveer resultados de vibraciones medidas y a JGI/Eastern, Inc., French and Parrello Associates, y American Engineering Testing, Inc. por proveer sus servicios de monitoreo de vibraciones.

BIBLIOGRAFÍA

Fiegel, G. (2005). Measurement of Vibration and Noise During the Installation of Rammed Aggregate Piers - Preliminary Data Report Draft, Department of Civil and Engineering, California Polytechnic State University. San Luis Obispo, CA.

Fox, N.S. and Cowell, M.J. (1998). Geopier Foundation and Soil Reinforcement Manual, Geopier Foundation Company, Inc., Scottsdale, AZ.

Wiss, J.F. (1981). Construction Vibrations: State-of-the-Art. ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 107 (GT@), pp. 167-181.

AUTORES

Kord J. Wissmann, Ph.D., P.E.

Brendan T. FitzPatrick, P.E.

David J. White, Ph.D.

NOTAS

REFUERZO Y MEJORAMIENTO DE SUELOS CON LOS SISTEMAS GEOPIER®

Trabaje con nuestros ingenieros alrededor del mundo para resolver sus retos de refuerzo y mejoramiento de suelos. Para más información, llame al **800-371-7470**, correo electrónico info@geopier.com, o visite geopier.com.

130 Harbour Place Drive, Suite 280, Davidson, NC 28036
800.371.7470 | info@geopier.com | marketing@geopier.com
www.geopier.com

GEOPIER®
Tensor.

©2017 Geopier Foundation Company, Inc. La tecnología Geopier® y las marcas de fábrica están protegidas bajo patentes de los EUA y marcas de fábrica listadas en www.geopier.com/patents y otras aplicaciones de marca y patentes pendientes. Existen otras patentes extranjeras, aplicaciones de patentes, marcas registradas y marcas de fábrica.

GEOPIER_TB_9_11.17